สารบัญ

บทที่ 1 เส้นตรง 6

บทที่ 2 แนวดิ่ง 15

บทที่ 3 แรง มวล กฎของนิวตัน 19

บทที่ 4 โพรเจกไทล์ 33

บทที่ 5 วงกลม 43

บทที่ 6 ซิมเปิลฮาร์มอนิก 76

บทที่ 7 งาน พลังงาน 85

บทที่ 8 โมเมนตัม 106

บทที่ 9 ของไหล 118

บทที่ 10 ของแข็ง 138

บทที่ 11 ความร้อน 144

บทที่ 12 ก๊าซ 153

บทที่ 13 คลื่นกล 175

บทที่ 14 เสียง 196

บทที่ 15 แสง 216

GANBATTE

บทที่ 16 ไฟฟ้าสถิต 236
บทที่ 17 ไฟฟ้ากระแส 250
บทที่ 18 ไฟฟ้ากระแสสลับ 274
บทที่ 19 แม่เหล็ก 284
บทที่ 20 หม้อแปลง 297
บทที่ 21 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 301
บทที่ 22 ฟิสิกส์อะตอม 303
บทที่ 23 ฟิสิกส์นิวเคลียร์ 316
ภาคผนวก 328

GANBATTE

บทที่ 01 เส้นตรง

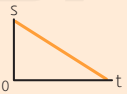
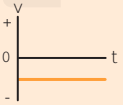
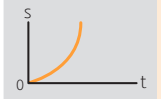
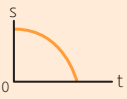
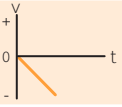
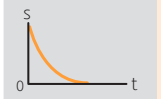
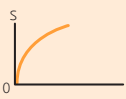
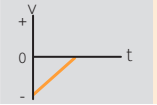
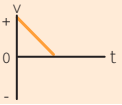
1.1 ระยะทาง กับ การกระจัด

ภาพแสดงการเดินทางจากจุด A ไปจุด B

เส้นสีดำคือ ระยะทาง

ส่วนเส้นสีส้มคือ การกระจัด

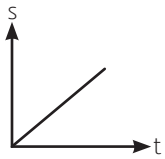
ตารางสรุปกราฟของการเคลื่อนที่ในรูปแบบต่างๆ

รูปแบบการเคลื่อนที่	การกระจัด ($\vec{s}$) vs เวลา (t)		ความเร็ว ($\vec{v}$) vs เวลา (t)	
	(+) เข้าหาจุดกำเนิด	(-) ออกจากจุดกำเนิด	(+) เข้าหาจุดกำเนิด	(-) ออกจากจุดกำเนิด
ไม่มีการเคลื่อนที่ (ยังคงอยู่นิ่ง)				
ความเร็วคงที่				
ความเร็วเพิ่มขึ้น				
ความเร็วลดลง				

*จุดกำเนิด คือ จุด (0,0)

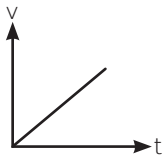
จำสูตรได้

กราฟการเคลื่อนที่



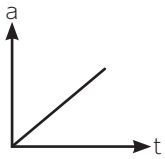
ความชัน คือ ความเร็ว ($\vec{v}$)

พื้นที่ใต้กราฟจะไม่เท่ากับปริมาณใดๆ ทางฟิสิกส์



ความชัน คือ ความเร่ง ($\vec{a}$)

พื้นที่ใต้กราฟ คือ การกระจัด ($\vec{s}$)



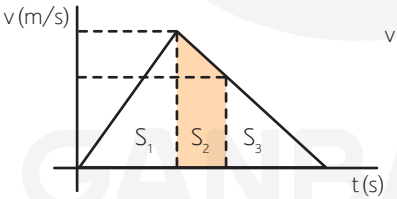
ความชัน จะไม่เท่ากับปริมาณใดๆ ทางฟิสิกส์

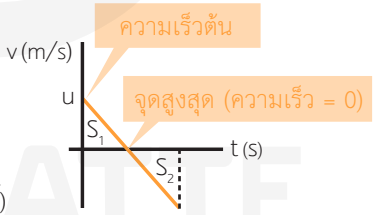
พื้นที่ใต้กราฟ คือ ความเร็วปลาย - ความเร็วต้น ($\vec{v} - \vec{u}$)

การหาระยะทางและการกระจัดจากพื้นที่ใต้กราฟระหว่าง v กับ t

พื้นที่ใต้กราฟ = $S_1 + S_2 + S_3$

พื้นที่ใต้กราฟ = $S_1 + (-S_2)$





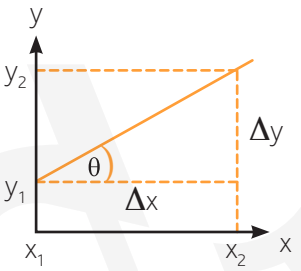
- หาระยะทาง = นำพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมดมาบวกกัน
  เช่น ภาพซ้าย สามารถหาระยะทางได้จาก $S_1 + S_2 + S_3$ และการกระจัดคือ $S_1 + S_2 + S_3$

- หาการกระจัด = (+ พื้นที่ด้านบน) + (– พื้นที่ด้านล่าง)
  เช่น ภาพขวา สามารถหาการกระจัดได้จาก $S_1 + (-S_2)$ ส่วนระยะทางคือ $S_1 + S_2$

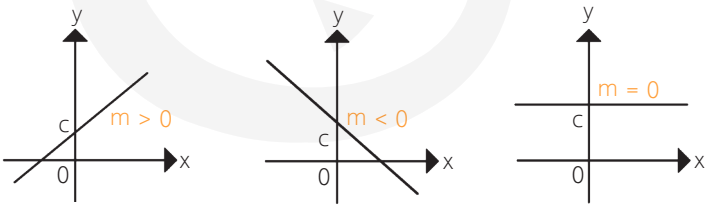
การหาความชันจากกราฟ

การหาความชัน (m) หรือ slope ของกราฟเส้นตรง หาได้จาก

$$m = \text{slope} = \tan\theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

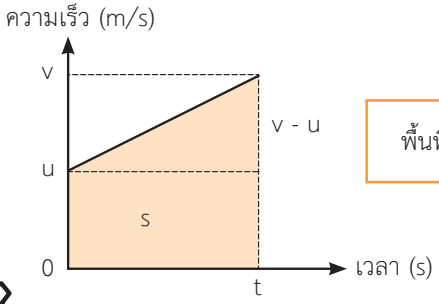


เครื่องหมายความชันกราฟ



เมื่อ c คือจุดตัดบนแกน y

ถ้ากำหนดให้วัตถุมีความเร็วเริ่มต้นเป็น u และเมื่อเวลาผ่านไป t วินาที วัตถุมีความเร็วตอนหลังเป็น v



พื้นที่ใต้กราฟ = การกระจัด (s)

จำสูตรได้

ดังนั้น จากกราฟจะได้ว่า

$$\text{ความชันของกราฟ } v - t = a = \frac{v - u}{t - 0}$$

- ถ้าความเร็วกำลังเพิ่มขึ้น เรียกว่า "ความเร่ง"
  ถ้าความเร็วกำลังลดลง เรียกว่า "ความหน่วง"
- ความชันของกราฟระหว่าง v กับ t คือ "ความเร่ง" หรือ "ความหน่วง" ของการเคลื่อนที่

การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

เคลื่อนที่โดยไม่มีความเร่ง (ความเร็วคงที่) มีสูตรดังนี้

$s = vt$ หรือ $\vec{s} = \vec{v}t$

เมื่อ s คือ ระยะทาง
v คือ อัตราเร็ว
t คือ เวลา

เมื่อ $\vec{s}$ คือ การกระจัด
$\vec{v}$ คือ ความเร็ว
t คือ เวลา

สเกลาร์	ระยะทาง (s) คือ ความยาวตามเส้นทางที่เคลื่อนที่ได้จริง	อัตราเร็ว (v) $v = \frac{s}{t}$	อัตราเร่ง (a) –*
เวกเตอร์	การกระจัด ($\vec{s}$) คือ ความยาวที่วัดเป็นเส้นตรงที่สั้นที่สุด จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้าย	ความเร็ว ($\vec{v}$) $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$	ความเร่ง ($\vec{a}$) $a = \frac{\Delta\vec{v}}{t}$
หน่วย	เมตร (m)	เมตร/วินาที (m/s)	เมตร/วินาที^{2} (m/s^2)

***อัตราเร่ง** จริงๆ แล้วไม่มีสูตร เป็นเพียงความเข้าใจกันเองซึ่งหมายถึง **ขนาดของความเร่ง**

ตัวอย่างโจทย์

เด็กชายนันวิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่ 20 เมตรต่อวินาที ในเวลา 5 วินาที เด็กชายนันจะเคลื่อนที่ได้ระยะทางกี่เมตร

วิธีทำ จากสูตร $s = vt$

หา s จะได้ $s = (20)(5)$

$s = 100\ m$

Note!

กรณีโจทย์ให้หน่วยของอัตราเร็วเป็นหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถเปลี่ยนหน่วยเป็น "เมตรต่อวินาที" โดยการคูณด้วย $\frac{5}{18}$ นั่นคือ $\frac{km}{hr} \times \frac{5}{18} \rightarrow \frac{m}{s}$

■ กรณีวัตถุมีความเร็วเปลี่ยนแปลง

คือ เกิดความเร่ง (ความเร็วที่เพิ่มขึ้น) หรือความหน่วง (ความเร็วลดลง)

จากสมการความชันของกราฟ v - t จะได้ $v = u + at$ ①

จะได้ $t = \frac{v - u}{a}$

ในสมการพื้นที่ใต้กราฟ v - t จะได้ $s = (\frac{v + u}{2}) \cdot t$ ②

จากนั้นแทน t จะได้

$$s = (\frac{v + u}{2}) \cdot (\frac{v - u}{a}) = (\frac{v^2 - u^2}{2a})$$

ดังนั้นเมื่อย้ายข้างและจัดรูป จะได้สมการ $v^2 = u^2 + 2as$ ③

และแทนสมการ ① ในสมการที่ ②

จะได้ $s = [\frac{(u + at) + u}{2}] \cdot t$

ดังนั้นจะได้สมการคือ $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ ④

และแทนสมการ ④ ด้วยสมการที่ ① $s = (v - at)t + \frac{1}{2}at^2$

ดังนั้นจะได้สมการคือ $s = vt - \frac{1}{2}at^2$ ⑤

เมื่อ u คือ ความเร็วต้น (เชิงเส้น) (เมตร/วินาที, m/s)
v คือ ความเร็วปลาย (เชิงเส้น) (เมตร/วินาที, m/s)
s คือ การกระจัด (เชิงเส้น) (เมตร, m)
a คือ ความเร่ง (เชิงเส้น) (เมตร/วินาที^{2}, m/s^2)
t คือ เวลา (ใช้ได้ทั้งเชิงเส้นกับเชิงมุม) (วินาที, s)

Note! •••

กำหนดให้เวกเตอร์ u กับเวลา t มีเครื่องหมายเป็น
+ (บวก) เสมอ ปริมาณใดมีทิศตรงข้าม u ให้ใช้เครื่องหมาย
– (ลบ) แทนค่าลงไปในสูตรการเคลื่อนที่อีกทีหนึ่ง

ตัวอย่างโจทย์

เด็กชายนันขับรถโดยเริ่มออกตัวจากสภาวะจอดอยู่ แล้ววิ่งไปเป็นเวลา 2 วินาที ด้วยการเพิ่มความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที ทุกๆ วินาที อยากทราบว่ารถคันนี้มีอัตราเร็วเป็นเท่าใด

วิธีทำ จากสูตร $v = u + at$

หา v จะได้ $v = 0 + (+5)(2)$

$v = 10$ m/s

Note!

อัตราการเพิ่มความเร็วทุกๆ วินาที คือ “ความเร่ง” ใช้เครื่องหมาย “บวก”

อัตราการลดความเร็วทุกๆ วินาที คือ “ความหน่วง” ใช้เครื่องหมาย “ลบ”

สภาวะนิ่ง (จอด) คือ วัตถุมีความเร็วต้น (u) เป็น 0

ตัวอย่างโจทย์

เริ่มต้นออกวิ่งจากสภาวะนิ่ง จนมีความเร็วเป็น 4 เมตรต่อวินาที ในเวลา 30 วินาที จงหาการกระจัดในการวิ่งครั้งนี้

วิธีทำ จากสูตร $s = (\frac{u + v}{2})t$

หา s จะได้ $s = (\frac{0 + 4}{2})(30) = 60$ m

ตัวอย่างโจทย์

เครื่องบินเคลื่อนที่ผ่าน ณ จุดๆ หนึ่งด้วยอัตราเร็ว 30 เมตรต่อวินาที โดยเครื่องบินลำนี้มีความเร่ง 2 เมตรต่อวินาที^{2} เคลื่อนที่ผ่านไปจนได้การกระจัด 100 เมตร เครื่องบินลำนี้จะมีอัตราเร็วเป็นเท่าใด

วิธีทำ จากสูตร $v^2 = u^2 + 2as$

หา v จะได้

$$v^2 = (30)^2 + 2(2)(100)$$
$$v^2 = 900 + 400$$
$$v^2 = 1,300$$
$$v = 10\sqrt{13} \text{ m/s}$$

ตัวอย่างโจทย์

รถเริ่มเคลื่อนที่จากสภาวะจอดอยู่ จนผ่านไปเป็นระยะเวลา 2 วินาที ถ้าหากรถคันนี้มีอัตราเร่ง 4 เมตรต่อวินาที^{2} จงหาการกระจัดที่รถคันนี้เคลื่อนที่ได้

วิธีทำ จากสูตร $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

หา s จะได้

$$s = 0 + \frac{1}{2}(4)(2)^2$$
$$s = 8 \text{ m}$$

ตัวอย่างโจทย์

รถเมล์กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราการลดลงของความเร็ว 4 เมตรต่อวินาที ทุกๆ วินาที ในเวลา 5 วินาที รถเมล์มีความเร็วเป็น 30 เมตรต่อวินาที จงหาการกระจัดที่รถเมล์เคลื่อนที่

วิธีทำ จากสูตร $s = vt - \frac{1}{2}at^2$

ความหน่วง a จะติดลบ

หา s จะได้ $s = (30)(5) - \frac{1}{2}(-4)(5)^2$

$s = 200$ m

Note!

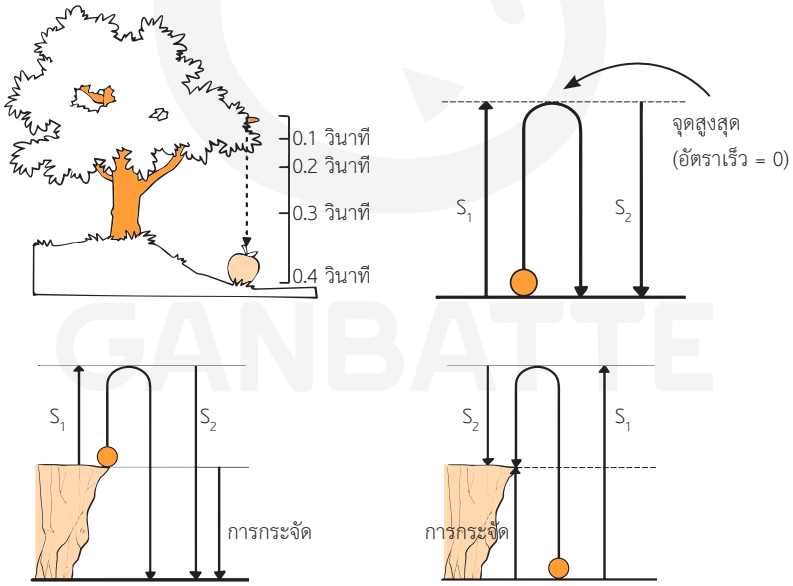
ในสูตรการเคลื่อนที่ s จะเป็นตัวแปรที่หมายถึง "การกระจัด" ไม่ใช่ "ระยะทาง" แต่บางครั้งในการคำนวณเราจะนำ s ที่มีความหมายเป็นระยะทางมาใช้ได้ก็ต่อเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ไม่มีการย้อนกลับหรือวกกลับ เพราะการเคลื่อนที่ในลักษณะดังกล่าว จะส่งผลให้ระยะทางกับการกระจัดมีค่าเท่ากัน

บทที่ 02 แนวดิ่ง

การเคลื่อนที่แนวดิ่ง คือ การเคลื่อนที่ภายใต้ความเร่งโน้มถ่วงของดวงดาว เช่น โลก

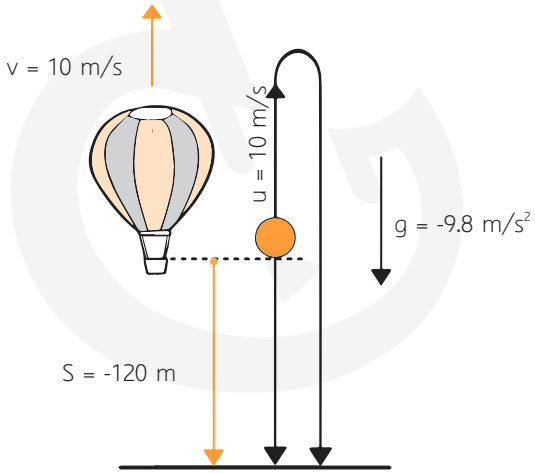
ข้อสังเกตของการเคลื่อนที่ที่เข้าข่ายเป็นการเคลื่อนที่แนวดิ่ง คือ

- วัตถุที่ตกอย่างอิสระ
- วัตถุตกจากที่สูง
- วัตถุตกภายใต้แรงโน้มถ่วง



ภาพแสดงการเคลื่อนที่แนวดิ่งลักษณะต่างๆ

- การเคลื่อนที่แนวดิ่ง จะมีค่า a = g เสมอ (ถือว่ามีค่าคงที่หากระดับความสูงแตกต่างกันไม่มากนัก)
- โดยปกติค่า g ของโลกจะมีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2 หรือประมาณ 10 m/s^2 แต่จะลดลงเมื่อมีระดับความสูงเพิ่มขึ้น
- กรณีวัตถุเคลื่อนที่สวนทางกับความเร่งโน้มถ่วง เช่น โยนวัตถุขึ้นด้านบน หรือเขวี้ยงวัตถุขึ้นด้านบน ฯลฯ จะต้องแทนเครื่องหมาย g เป็น “ลบ”



ภาพแสดงค่า g ติดลบ เมื่อวัตถุถูกปล่อยหลังจากติดจากยานพาหนะไป
(ความเร็วต้นของวัตถุหลังปล่อยจะเท่ากับความเร็วของยานพาหนะ)

ความเร่งคงที่ / ความหน่วงคงที่

ในการคำนวณเรื่องการเคลื่อนที่แนวดิ่ง สามารถเลือกใช้สูตรการเคลื่อนที่ 5 สูตร ดังต่อไปนี้

$$v = u + at$$

$$s = \left(\frac{u + v}{2}\right)t$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$s = vt - \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

เมื่อ u คือ ความเร็วต้น (เชิงเส้น) (เมตร/วินาที, m/s)

v คือ ความเร็วปลาย (เชิงเส้น) (เมตร/วินาที, m/s)

s คือ การกระจัด (เชิงเส้น) (เมตร, m)

a คือ ความเร่งโน้มถ่วง a = g เสมอ ยกเว้นวัตถุมีเชื้อเพลิงจะใช้ a จากเครื่องยนต์แทน (เมตร/วินาที^{2}, m/s^2)

t คือ เวลา (ใช้ได้ทั้งเชิงเส้นและเชิงมุม) (วินาที, s)

ข้อควรรู้

- กรณีความเร็วคงที่ จะใช้สูตร s = vt เพียงสูตรเดียว
- การเคลื่อนที่แนวดิ่ง จะมีความเร่ง a = g

ตัวอย่างโจทย์

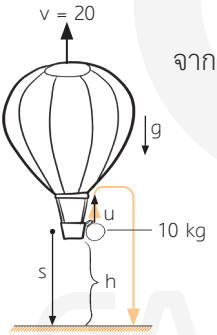
บอลลูนลูกหนึ่งบรรทุกถุงทรายขนาด 10 กิโลกรัม ไปพร้อมกับบอลลูน เมื่อบอลลูนเคลื่อนที่อยู่สูงระดับ h เมตรจากพื้นดิน แล้วปล่อยถุงทรายให้ตกอย่างอิสระโดยทันที ปรากฏว่าถุงทรายจะกระทบพื้นดินภายใน 6 วินาที จงหาว่าบอลลูนอยู่สูงจากพื้นดินเท่าใดเมื่อปล่อยถุงทราย หากบอลลูนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 20 เมตรต่อวินาที เมื่อ g = 10 เมตร/วินาที^{2}

วิธีทำ u = 20 (เท่ากับ v ยานพาหนะ)

g = -10 (เพราะทิศตรงข้าม u)

t = 6

หาค่า h (นั่นคือ หา s)



จากสูตร $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$s = (20)(6) + \frac{1}{2}(-10)(6)^2$

$s = 120 - 180$

$s = -60$ m (เครื่องหมายติดลบ แสดงว่า s มีทิศตรงข้ามกับ u)

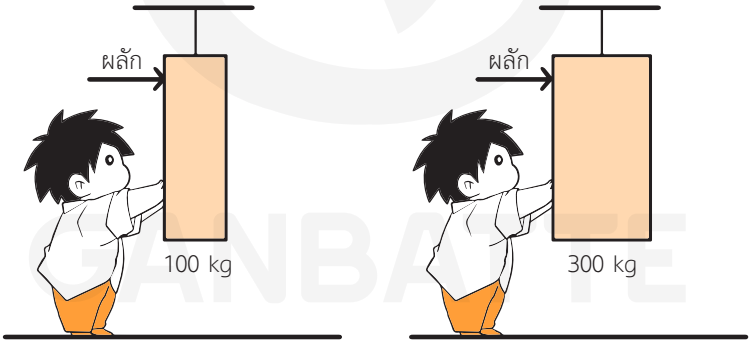
Note!

ตัวแปร s ที่อยู่ในสูตรการเคลื่อนที่ คือ การกระจัด ไม่ใช่ระยะทางนะครับ

บทที่ 03 แรง มวล กฎของนิวตัน

มวล (Mass, m) เป็นสมบัติทางความเฉื่อยของวัตถุที่ต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ โดยจะพยายามรักษาสภาพเดิมของมันไว้ไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม นั่นคือ

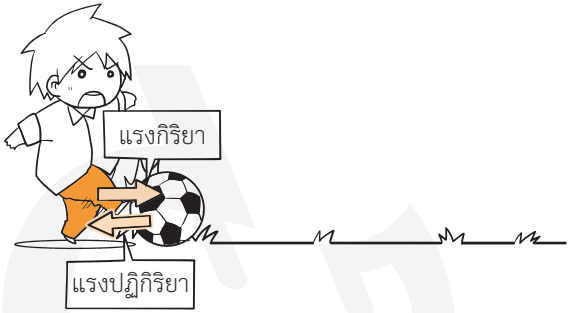
- มวลมาก ความเฉื่อยมาก การเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ทำได้ยาก
- มวลน้อย ความเฉื่อยน้อย การเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ทำได้ง่าย



ภาพแสดงให้เห็นว่า ในกรณีวัตถุมีมวลมากกว่า จะต้องออกแรงผลักมากกว่า เพื่อเปลี่ยนสภาพของวัตถุให้มีการเคลื่อนที่ เพราะความเฉื่อยของวัตถุมีมากกว่า

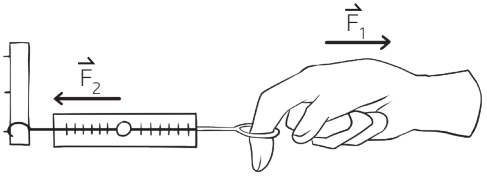
3.1 แรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา

แรงกิริยา กับ แรงปฏิกิริยา คือ แรงที่ต่างกระทำระหว่างกันเมื่อวัตถุออกแรงกระทำต่อวัตถุอีกอันหนึ่ง ก็ย่อมจะเกิดแรงแบบเดียวกันกระทำกลับในทิศทางตรงข้าม



ภาพแสดงแรงที่เท้าเตะบอล = แรงที่บอลกระแทกกลับที่เท้า

ภาพแสดงแรงที่มือกระแทกใบหน้า = แรงที่ใบหน้ากระแทกกลับที่มือ



ภาพแสดงแรงที่มือดึงเครื่องชั่งสปริง ($\vec{F}_1$) = แรงที่เครื่องชั่งสปริงดึงมือกลับ ($\vec{F}_2$)

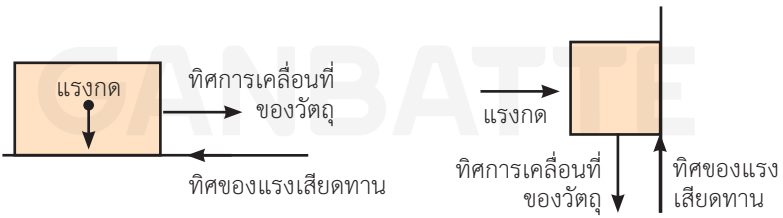
จะเห็นได้ว่าลักษณะของแรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา มีลักษณะดังต่อไปนี้

- แรงมีขนาดเท่ากัน
- แรงที่กระทำมีทิศตรงข้ามกัน
- แรงต่างกระทำกัน ไม่เกี่ยวข้องกัน (แรงกระทำอยู่ต่างที่กัน)
- แรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยา เป็นแรงที่ไม่สามารถนำมาหักล้างกันได้ ในการหาแรงลัพธ์

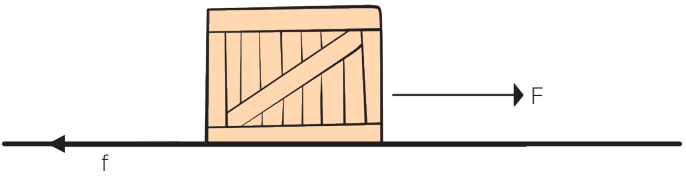
3.2 แรงเสียดทาน (Frictional Force)

เป็นแรงที่เกิดจากการสัมผัสกันระหว่างผิวของวัตถุ ทำให้เกิดแรงระหว่างผิวสัมผัสที่เสียดสีกัน ซึ่งจะมีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ โดยลักษณะของแรงเสียดทานจะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

- แรงเสียดทานสถิต (Static Friction) คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นตอนวัตถุไม่เคลื่อนที่
- แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic Friction) คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นตอนวัตถุเคลื่อนที่แล้ว



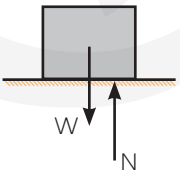
ภาพแสดงแรงเสียดทานที่จะเกิดขึ้นในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ



ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน (f) ได้แก่

- ชนิดของผิวสัมผัส เช่น ยางกับคอนกรีต กระจกกับพลาสติก
- ลักษณะของผิวสัมผัส เช่น มีความขรุขระมาก ความหยาบของพื้นผิว
- แรงปฏิกิริยาตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัส หรือแรงที่พื้นดันวัตถุ (แรง N) มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

ข้อควรรู้



แรง N นั้นไม่ใช่แรงคู่ปฏิกิริยาของน้ำหนักวัตถุ (W) เพียงแต่มีขนาดเท่ากันในบางกรณี ซึ่งแรงปฏิกิริยาตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัส หรือแรง N คือ แรงที่เกิดจากแรงคู่ปฏิกิริยาของแรงที่วัตถุดันหรือกดพื้นกับแรงที่พื้นดันวัตถุเอาไว้ ซึ่งมีขนาดเท่ากันแต่ทิศตรงข้าม

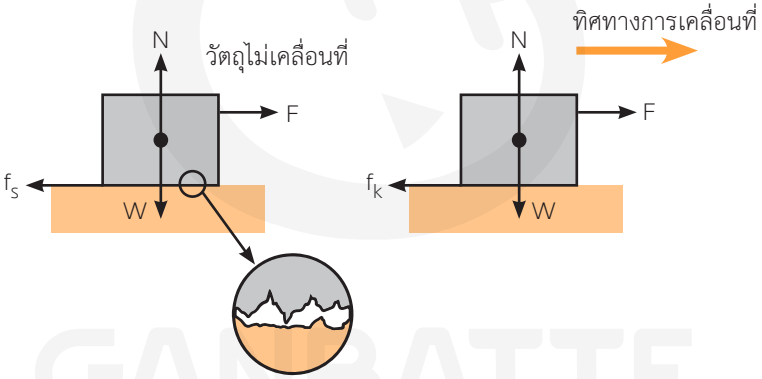
ซึ่งแรงเสียดทานจะมีความสัมพันธ์กับแรงปฏิกิริยาตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัส คือ f α N ดังนั้นจึงได้สูตรทั่วไปของแรงเสียดทานว่า

$$f = \mu N$$

เมื่อ μ คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of Friction) โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของคู่ผิวสัมผัสนั้นๆ

f คือ แรงเสียดทาน (นิวตัน, N)

N คือ แรงปฏิกิริยาตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัส (นิวตัน, N)



ภาพแสดงความหยาบของคู่ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุกับพื้น
(การเกิดแรงเสียดทาน)

แรงเสียดทานสถิต

คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในช่วงที่วัตถุยังไม่เคลื่อนที่ ซึ่งสามารถแบ่งแรงเสียดทานในช่วงนี้ได้ 2 สภาวะ คือ

- สภาวะที่วัตถุยังไม่เริ่มเคลื่อนที่ จะได้ว่า
  แรงที่กระทำ (F) = แรงเสียดทานสถิต (f_s)

จะได้ว่า $f_s = F$ แต่ $f_s < f_{s,\,max}$

เมื่อ f_s คือ แรงเสียดทานสถิต (นิวตัน, N)

$f_{s,\,max}$ คือ แรงเสียดทานสถิตมากที่สุด (นิวตัน, N)

μ_s คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต (ไม่มีหน่วย)

- สภาวะที่วัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่ คือ วัตถุกำลังจะเคลื่อนที่ไป แต่ถือว่ายังคงหยุดนิ่งอยู่ก่อนที่จะเคลื่อนที่ออกไป

จะได้ว่า $f_{s,\,max} = \mu_s N$

เมื่อ $f_{s,\,max}$ คือ แรงเสียดทานสถิตมากที่สุด (นิวตัน, N)

μ_s คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต (ไม่มีหน่วย)

ตัวอย่างโจทย์

วัตถุมวล 20 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ 0.5 แสดงว่าระบบดังกล่าวมีแรงเสียดทานสถิตมากที่สุดเกิดขึ้นเป็นเท่าใด กำหนดให้ g = 10 เมตรต่อวินาที^{2}

วิธีทำ จากสูตร $f_{s,\,max} = \mu_s N$

เมื่อพิจารณาจากระบบจะได้ว่า $N = mg = 20(10) = 200$ N

หา $f_{s,\,max}$ จะได้ $f_{s,\,max} = \mu_s N$

$f_{s,\,max} = (0.5)(200)$

$f_{s,\,max} = 100$ N

Note! •••

แรงเสียดทานสถิตมากที่สุด ($f_{s,\,max}$) คือ แรงต้านมากที่สุดที่จะทำให้ระบบยังคงอยู่นิ่งๆ ได้

แรงเสียดทานจลน์

คือ แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นตอนที่วัตถุเคลื่อนที่แล้ว

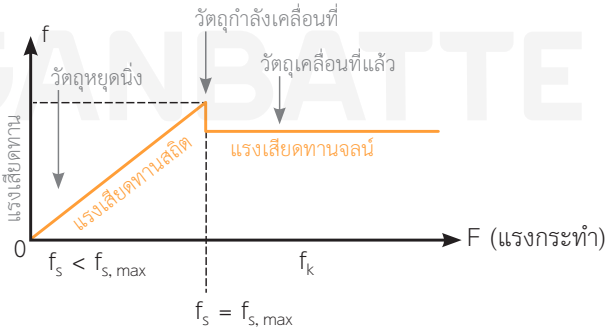
จะได้ว่า $f_k = \mu_k N$

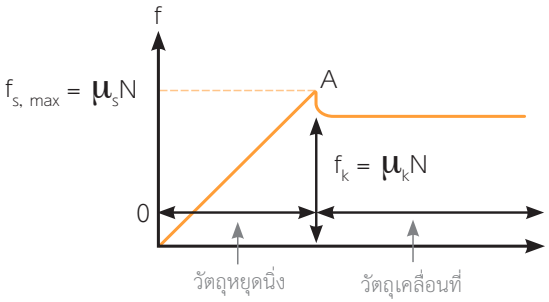
เมื่อ f_k คือ แรงเสียดทานจลน์ (นิวตัน, N)

μ_k คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

- หาก $\mu = 0$ คือ ไร้แรงเสียดทาน
- สำหรับผิวสัมผัสใดๆ $\mu_s > \mu_k$ เสมอ

จากเรื่องแรงเสียดทาน สามารถสรุปเป็นแผนภาพความเข้าใจได้ดังนี้





ตัวอย่างโจทย์

กล่องใบหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์เท่ากับ 0.3 หากกล่องใบนี้มีมวล 10 กิโลกรัม ถ้ากำหนดให้ g = 10 เมตรต่อวินาที^{2} แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจะมีค่าเป็นเท่าใด

วิธีทำ จากสูตร $f_k = \mu_k N$

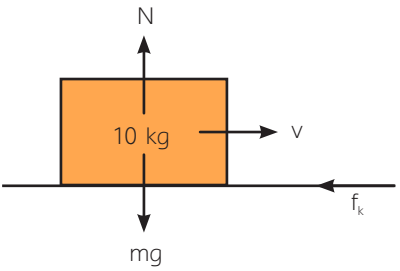
เนื่องจากระบบกำลังเคลื่อนที่ แสดงว่า แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นคือ “แรงเสียดทานจลน์”

เมื่อพิจารณาจากระบบจะได้ว่า $N = mg = 10(10) = 100$ N

หา f_k จะได้ $f_k = \mu_k N$

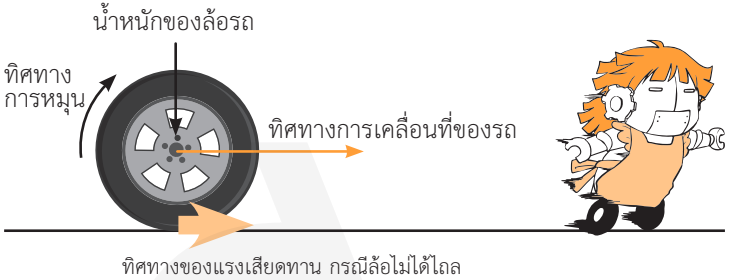
$f_k = (0.3)(100)$

$f_k = 30$ N

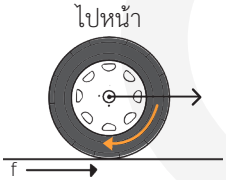


GANBATTE

3.3 แรงเสียดทานที่กระทำต่อล้อรถยนต์ (แรงเสียดทานที่กระทำกับวัตถุที่กำลังหมุน)

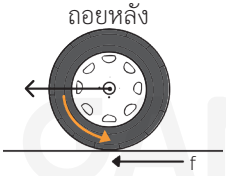


ทิศทางของแรงเสียดทาน กรณีล้อไม่ได้ไถล



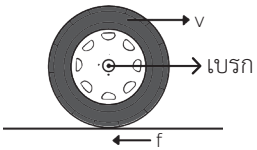
กรณีรถกำลังวิ่งไปข้างหน้า

- ล้อหมุนเสียดสีในทิศตามเข็มนาฬิกา
- เกิดแรงเสียดทานต้านจากด้านซ้ายไปด้านขวามือ (ต้านการเสียดสีแบบตามเข็มนาฬิกา)



กรณีรถกำลังวิ่งถอยหลัง

- ล้อหมุนเสียดสีในทิศทวนเข็มนาฬิกา
- เกิดแรงเสียดทานต้านจากด้านขวาไปด้านซ้ายมือ (ต้านการเสียดสีแบบทวนเข็มนาฬิกา)



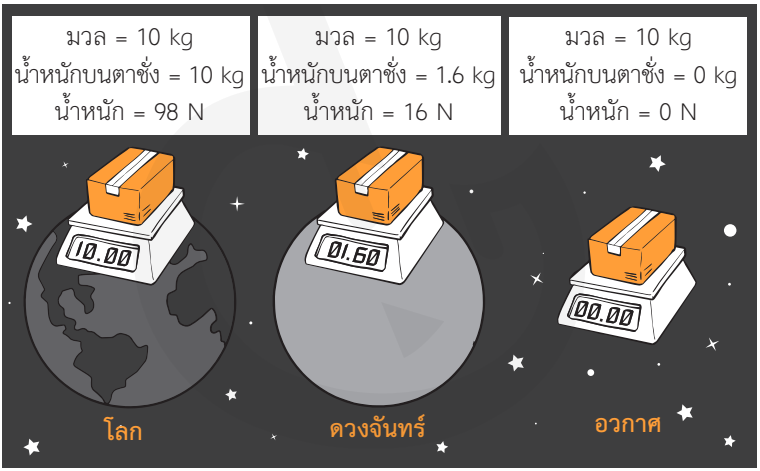
กรณีรถกำลังเบรก

- ล้อหยุดหมุน และเคลื่อนในทิศทางเดียวกับตัวรถ
- แรงเสียดทานเกิดขึ้นในทิศทางตรงข้ามกับรถเคลื่อนที่

3.4 น้ำหนัก (Weight, $\vec{W}$)

จากกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน ที่สร้างแรงดึงดูดระหว่างโลกกับวัตถุต่างๆ ที่อยู่บนโลก ซึ่งเรามักจะเรียกแรงเหล่านี้ว่า “แรงโน้มถ่วง” หรือ “น้ำหนักของวัตถุ”

มวลและน้ำหนัก

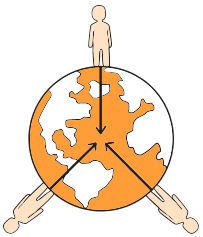


ภาพแสดงความแตกต่างระหว่างมวลกับน้ำหนักแบบต่างๆ จากสูตร W = mg

GANBATTE

ข้อควรรู้

น้ำหนัก ($\vec{W}$) เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางเดียวกับแรงโน้มถ่วงของโลก มีหน่วยเป็น “นิวตัน (N)”



$$\vec{W} = m\vec{g}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของวัตถุบนดวงดาวนั้นๆ (นิวตัน, N)
m คือ มวลของวัตถุ (กิโลกรัม, kg)
g คือ ความเร่งโน้มถ่วงของดวงดาวนั้นๆ (เมตร/วินาที^{2}, m/s^2)

ตัวอย่างโจทย์

วัตถุมวล 15 กิโลกรัม จะมีน้ำหนักเป็นเท่าใด (กำหนดให้ g = 10 เมตรต่อวินาที^{2})

วิธีทำ จากสูตร $W = mg$

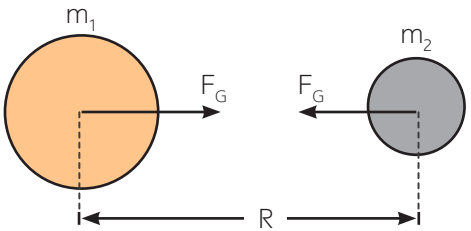
หา W จะได้ $W = (15)(10)$

$W = 150$ N

3.5 กฎแรงดึงดูดระหว่างมวล

คือ วัตถุต่างๆ ย่อมมีแรงดึงดูดระหว่างกัน ซึ่งจะมีสูตรดังนี้

$$F_G = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$$



เมื่อ G คือ ค่าคงตัวของแรงดึงดูดระหว่างมวล หรือเรียกว่า “ค่าคงที่ความโน้มถ่วงสากล” (มีค่าเท่ากับ 6.673×10^{-11} $N.m^2/kg^2$)

m_1, m_2 คือ มวลแต่ละก้อน (กิโลกรัม, kg)

R คือ ระยะห่างระหว่างมวลทั้ง 2 ก้อน (เมตร, m)

F_G คือ แรงดึงดูดระหว่างมวล (นิวตัน, N)

ตัวอย่างโจทย์

วัตถุมวล 2 กิโลกรัม กับวัตถุมวล 3 กิโลกรัม วางห่างกัน 10 เมตร จะเกิดแรงดึงดูดระหว่างมวลมีค่าเท่าใด (กำหนดให้ G = ค่าคงที่ความโน้มถ่วงสากล = 6.67×10^{-11})

วิธีทำ จากสูตร $$F_G = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$$

หา F_G จะได้ $$F_G = \frac{(6.67 \times 10^{-11})(2)(3)}{(10)^2}$$

$$F_G = 4 \times 10^{-12}\ N$$

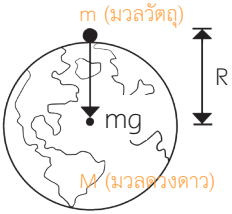
Note!

แรงดึงดูดระหว่างมวล เป็นแรงคู่กิริยา – ปฏิกิริยาต่อกัน (Action – Reaction)

จากการพิจารณาจะได้ว่า น้ำหนัก คือ แรงดึงดูดระหว่างโลกกับวัตถุบนผิวโลก ดังนั้นเราจะหาค่าความเร่งโน้มถ่วงได้จากกฎแรงดึงดูดระหว่างมวล ดังนี้

นั่นคือ $mg = \frac{GMm}{R^2}$

จะได้ว่า $g = \frac{GM}{R^2}$ ①



เมื่อ g เรียกว่า ความเร่งโน้มถ่วง (Gravity) มีหน่วยเป็น N/kg หรือ m/s^2

- ค่า g ในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับระดับความสูง – ต่ำของพื้นที่นั้นๆ โดยที่ค่า g เปลี่ยนแปลงตามระดับความสูง (ยิ่งสูง ค่า g จะยิ่งลดลง)
- ค่า g มาตรฐาน มีค่า = 9.81 m/s^2 หรือประมาณ 10 m/s^2 (ที่ผิวโลกและใกล้ๆ ผิวโลก ในความสูงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก)
- ดวงดาวต่างกัน ค่า g ก็แตกต่างกันตามไปด้วย
- น้ำหนักเปลี่ยนแปลงตามค่า g
- สภาพไร้น้ำหนัก (Weightlessness) จะทำให้ ค่า g ≅ 0

ตัวอย่างโจทย์

มวลโลกมีค่าเท่ากัน 5.972×10^{24} กิโลกรัม โดยโลกมีรัศมี 6,371 กิโลเมตร จงหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของพื้นผิวโลกว่ามีค่าเท่าใด

วิธีทำ จากสูตร $g = \frac{GM}{R^2}$

หา g จะได้ $g = \frac{(6.67 \times 10^{-11})(5.972 \times 10^{24})}{(6,371 \times 10^{3})^2}$

$g = 9.81\ m/s^2$ ปรับให้เป็นหน่วย “เมตร”

Note!

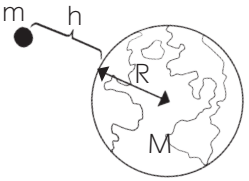
ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก ณ บริเวณระดับพื้นผิวโลก จะมีค่าประมาณ 9.8 m/s^2

หากวัตถุอยู่สูงจากพื้น h เมตร จะสามารถคำนวณหาค่า g ที่ระดับความสูงต่างๆ ดังนี้

$mg = \frac{GMm}{(R+h)^2}$ จะได้ $\boxed{g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}}$ ②

② ÷ ① $\frac{g_h}{g} = (\frac{R}{R+h})^2$

หรือ $g_h = (\frac{R}{R+h})^2 g$



เมื่อ g เรียกว่า ความเร่งโน้มถ่วง (Gravity) ที่พื้นดิน มีหน่วยเป็น N/kg หรือ m/s^2 ($g \cong 9.8\ m/s^2$)

g_h เรียกว่า ความเร่งโน้มถ่วง (Gravity) ที่ระดับความสูงใดๆ มีหน่วยเป็น N/kg หรือ m/s^2

ตัวอย่างโจทย์

ค่าความเร่งโน้มถ่วงที่พื้นผิวโลกมีค่าเท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาที^{2} โดยถ้าโลกมีรัศมีเท่ากับ R เมตร จงหาค่าความเร่งโน้มถ่วงที่ระดับความสูง 2R เมตร นับจากพื้นดิน

วิธีทำ จากสูตร $\boxed{g_h = (\frac{R}{R+h})^2 g}$

หา g_h จะได้ $g_h = (\frac{R}{R+h})^2 g$

เมื่อ h = 2R จะได้ $g_h = (\frac{R}{3R})^2 (9.8)$

$g_h = \frac{1}{9}(9.8)$

$g_h = 1.089\ m/s^2$